台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 74(3):331–343 (2025)
https://doi.org/10.6156/JTAR.202509_74(3).0010

研究報告

降低外銷番石榴夏秋季果實罹病率之病害整合管理策略

蔡蕣隍 [1,*]

摘要

蔡蕣隍。2025。降低外銷番石榴夏秋季果實罹病率之病害整合管理策略。台灣農業研究 74(3):331–343。

為減少臺灣番石榴在貯運期的病害，果實採收前的病害管理非常重要。本研究首先調查夏秋季「珍珠拔」番石榴果實病害，黑星病是夏秋季造成番石榴果實腐爛的主要病害，炭疽病、瘡痂病、疫病及其他果腐病則較為次要；至於無病徵葉片、田間落葉及枝條之真菌菌相以擬莖點黴屬 (*Phomopsis* spp.) 分離率最高，可達 100%，另外也有分離到黑星病菌屬 (*Phyllosticta* spp.) 等果實上常見病原，且 84.6% 黑星病菌分離株具有病原性。以動植物防疫檢疫署 (防檢署) 核准之番石榴殺菌劑與市售微生物農藥進行田間果實病害藥效評估，根據試驗結果擬定外銷供果園夏秋季病害整合管理策略 (integrated disease management; IDM)，具體措施從田間衛生開始，先清除果園內殘枝落葉，並配合綠色資材以石灰硫磺合劑或波爾多液噴灑地面。以輸加拿大或美國為例，田間用藥管理建議使用雙方皆核准的藥劑，包括：25% 亞托敏水懸劑、液化澱粉芽孢桿菌 (CL3) 水懸劑或貝萊斯芽孢桿菌 (BF) 可濕性粉劑共同混合施用，每 7–10 d 施用 1 次，連續 3 次，後續應輪用不同作用機制的殺菌劑與微生物資材，可減少病原抗藥性的發生或農藥殘留超標風險。

關鍵詞：外銷番石榴、黑星病、亞托敏、芽孢桿菌、病害整合管理策略。

前言

番石榴 (*Psidium guajava* L.) 為桃金孃科 (Myrtaceae) 番石榴屬 (*Psidium*) 之熱帶果樹，在臺灣各地廣泛種植，近幾年栽培面積多維持在 7,000 多公頃，根據 2023 年農業統計年報 (https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx)，番石榴總栽培面積達 8,006 ha，年產量約 187,412 Mt，由 2022–2024 年財政部關稅總局海關進出口貿易統計資料顯示，每年平均外銷量 2,039 Mt，故目前臺灣番石榴仍以內銷為主，但國內市場常因供需失調引起價格波動，為穩定國內市場，拓展外銷市場有其必要，農業部在歷經 10 年努力後，終於在 2019 年達成番石榴首輸美國的紀錄，目前最主要外銷之國家 (地區) 分別為加拿大 (64.9%)、香港 (21.7%)、中國大陸 (4.6%)、新加坡 (4.5%) 及美國 (3.6%)。由於成本考量，運輸以海運為主。番石榴果品從採收到市場櫥架販售，所需時間約 30–35 d，在出庫後的回溫販售階段，仍會有病害產生。探究其原因，以番石榴炭疽病為例，國外研究顯示在番石榴花苞及未成熟果實即開始潛伏感染，但直到果實成熟才開始顯現病徵，故田間的病害會影響後續果實的儲藏與櫥架壽命，建議防治應從田間做起 (Guédez & Rodríguez 2021)。由於在夏秋高溫多雨生產的果實品質及良率受病害影響甚鉅，尤其輸美番石榴的低溫檢疫條件 (1℃ 以下持續 17 d 殺滅東方果實蠅、瓜實蠅及南瓜實蠅) 與農藥殘留規定較國內嚴格，習慣於內銷市場為主的栽培用藥管理方式需進行調整，以符合目標市場之規定。

病害整合管理策略 (integrated disease management; IDM) 在多國被證實為有效，結合田間衛生管理、抗病品種選育及生物性與化學性

投稿日期：2025 年 4 月 24 日；接受日期：2025 年 7 月 22 日。
[*] 通訊作者：tsh@tari.gov.tw
[1] 農業部農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所植物保護暨園產品加工系助理研究員。臺灣 高雄市。

防治措施，可降低對藥劑的依賴，並提升整體病害防治成效 (El Khoury & Makkouk 2010)。目前國內針對番石榴病害整合管理的研究較為缺乏，國外則有零星之研究報告，針對地下部番石榴根瘤線蟲 (*Meloidogyne enterolobii*)，有較多樣整合管理方法被提出，包括使用土壤添加物、生物防治 (微生物製劑)、化學防治 (殺線蟲劑) 及耕作防治 (輪作) 等，可有效降低番石榴根瘤線蟲罹病嚴重度並增加產量 (Dawabah *et al*. 2019; Sikandar *et al*. 2023; Gondo *et al*. 2025)；對於番石榴地上部病害，部分研究侷限在生體外 (*in vitro*) 測試，例如在巴基斯坦，篩選化學防治藥劑、真菌生物製劑及植物促生根圈細菌 (plant growth promoting rhizobacteria; PGPR) 對番石榴炭疽病菌落生長抑制效果 (Imran-ul-Haq *et al*. 2013)。另針對地上部常見之番石榴果實病害，例如：黑星病，則少有實際整合田間衛生、化學防治及微生物資材於田間測試之研究報告。

本研究針對外銷果園，除了調查夏秋季番石榴果實、葉片及枝條的主要與次要病害種類，並以動植物防疫檢疫署 (防檢署) 核准之番石榴殺菌劑與市售微生物農藥進行田間藥效評估，就前期試驗結果擬定病害整合管理策略 (IDM)，提供農友在田間進行番石榴果實病害防治之參考。

材料與方法

夏秋季番石榴果實主要病害與葉片、枝條菌相調查

為瞭解目前外銷最大宗的「珍珠拔」品種於夏秋季生產時的主要病害種類，於 2022 年 5−10 月間，選定高雄市阿蓮區外銷 (輸美) 供果園 (N22.894207°, E120.315557°)，每個月調查果實病害發生情形，調查方法為果園內劃分成等比例的 5 個區域，每個區域逢機調查 1 株果樹，每株以逢機的方式選取 20 粒成熟果實攜帶回實驗室調查，共調查 100 粒果實。根據 Tsai & Hsieh (2024) 發表之果實黑星病、瘡痂病及炭疽病內轉錄間隔區 (internal transcribed spacer; ITS) 分子鑑定的方法，配合果實病徵、菌落外觀及孢子形態判斷果實病害與病原菌的種類至屬名，並於採後第 0、7 及 14 天記錄感染果實的病原菌屬名，再依照以下公式計算各病害的罹病率：罹病率 (disease incidence, %) = (罹病果數/總調查果數) × 100%。

另外，除了果實病害，植株葉片、落葉以及枝條也列入調查對象，目的是瞭解病原菌在田間的生態棲位 (niche)。在同一個園區以逢機的方式調查 5 株，每個月每株摘取 5 片健康無病徵葉子、落葉 5 片及 5 支新鮮枝條，以相對嚴苛的消毒條件進行組織分離 (Douanla-Meli *et al*. 2013)，培養於馬鈴薯葡萄糖瓊脂 (potato dextrose agar; PDA) 培養基平板，7 d 後觀察所長出之菌落形態，以菌落形態及孢子種類鑑定至屬名，再依照以下公式計算分離率：分離率 (frequency, %) = (分離到該菌之樣本數/總調查樣本數) × 100%。

果實病害藥劑防治效果評估試驗

本研究以防檢署核准之番石榴殺菌劑，針對夏秋季果實之黑星病與次要之炭疽病及瘡痂病進行防治效果評估試驗。參考 Tsai & Hsieh (2024) 藥劑平板篩選的結果中，選取抑菌效果較佳，即藥劑濃度在 100 ppm 時，對黑星病、瘡痂病及炭疽病菌絲生長抑制率皆達 85% 以上之殺菌劑，包括：62.5% 賽普護汰寧水分散性粒劑 (water dispersible granules; WG) (cyprodinil + fludioxonil，臺灣先正達股份有限公司，臺灣臺北市)、40.0% 克熱淨可濕性粉劑 (wettable powder; WP) (iminoctadine tris，日本曹達株式會社，日本東京都)、80.0% 鋅錳乃浦可濕性粉劑 (WP) (mancozeb，惠光股份有限公司，臺灣臺南市)、39.5% 扶吉胺水懸劑 (suspension concentrate; SC) (fluazinam，臺灣石原產業股份有限公司，臺灣臺北市) 及 25.9% 得克利水基乳劑 (emulsion, oil in water; EW) (tebuconazole，臺灣拜耳股份有限公司，臺灣臺北市)；除上述藥劑外，美方核准之殺菌劑 25.0% 亞托敏水懸劑 (SC) (azoxystrobin，臺灣先正達股份有限公司，臺灣臺北市)，及農民常使用之 53.0% 腐絕快得寧可濕性粉劑 (WP) (thiabendazole + oxine copper，光華化學股份有限公司，臺灣新竹市) 也列入田間防治試驗評估。本研究於農業部農業試驗所鳳山

熱帶園藝試驗分所 (簡稱鳳山分所) 之番石榴試驗田 (N22.641313°, E120.363052°)，田間採自然發病，測試前述 7 種藥劑於田間之防治效果，藥劑稀釋倍數如下：賽普護汰寧稀釋 1,500 倍、克熱淨稀釋 1,500 倍、鋅錳乃浦稀釋 400 倍、扶吉胺稀釋 2,000 倍、得克利稀釋 1,500 倍、亞托敏稀釋 2,000 倍及腐絕快得寧稀釋 1,200 倍。以軟質塑膠杯容器盛裝稀釋後藥劑，將夏秋季番石榴小果 (果徑約 1.5−2 cm) 完整浸沒入藥水，每粒浸泡 5 s，目的是使藥劑均勻覆蓋果實表面，無施藥死角，於 4 株植株隨機標記果實，每藥劑共 20 粒果實，每 7 d 施用 1 次，連續處理 3 次，將處理的果實套袋，約過 53−60 d 陸續採收，於採收後第 0、3、6 及 9 天觀察夏秋季果實上病害罹病率 (%) 與黑星病的平均罹病度，本實驗重複 1 次。罹病率 (%) = (罹病果數/總調查果數) × 100%。罹病級數依據病斑占整體果實面積分為 0 級，果實健康無任何病徵；1 級，果實上病斑面積占 1−5%；2 級，果實上病斑面積占 6−25%；3 級，果實上病斑面積占 26−50%；4 級，果實上病斑面積占 51% 以上，再依照下列公式計算平均罹病度：平均罹病度 = Σ (罹病級數 × 該等級之罹病果數)/總調查果數。

市售微生物資材田間防治試驗評估

為評估市售微生物資材對番石榴果實整體病害及單一黑星病的防治效果，於鳳山分所的番石榴試驗田，採逢機完全區集設計 (randomized complete block design; RCBD) 進行微生物資材防治試驗，田間採自然發病。試驗組別包括液化澱粉芽孢桿菌水懸劑 (SC) (*Bacillus amyloliquifaciens* CL3，興農股份有限公司，臺灣臺中市)、液化澱粉芽孢桿菌可濕性粉劑 (WP) (*B. amyloliquifaciens* YCMA1，百泰生物科技股份有限公司，臺灣新竹市)、蕈狀芽孢桿菌可濕性粉劑 (WP) (*B. mycoides* AGB01，聯發生物科技股份有限公司，臺灣屏東縣)、枯草桿菌水懸劑 (SC) (*B. subtilis* KHY8，嘉農企業股份有限公司，臺灣新竹市)、50% 枯草桿菌可濕性粉劑 (WP) (*B. subtilis* Y1336，百泰生物科技股份有限公司，臺灣新竹市)、貝萊斯芽孢桿菌可濕性粉劑 (*B. velezensis* BF，亞亮生技股份有限公司，臺灣屏東縣) 以及水對照組 (CK_water) 共 7 種處理，每處理 3 重複。藥劑稀釋倍數如下：液化澱粉芽孢桿菌 CL3 稀釋 400 倍、液化澱粉芽孢桿菌 YCMA1 稀釋 600 倍、蕈狀芽孢桿菌 AGB01 稀釋 400 倍、枯草桿菌 KHY8 稀釋 500 倍、枯草桿菌 Y1336 稀釋 500 倍及貝萊斯芽孢桿菌 BF 稀釋 600 倍。自番石榴花謝後 (果徑約 0.6−0.7 cm) 開始施用，於夏季 5−6 月份施用，7−10 d 施藥 1 次，連續施用 4 次後套袋，套袋後約 60−67 d 陸續採收，於採收後第 0、3、6 及 9 天觀察夏秋季果實上病害罹病率 (%) 及黑星病的平均罹病度，每處理總共調查 60 粒果實，依照前述公式計算夏秋季果實罹病率 (%) 及黑星病平均罹病度。

夏秋季番石榴果實病害整合管理策略

根據果實病害藥劑與市售微生物資材田間篩選試驗結果，擬定夏秋季番石榴病害整合管理策略，並於鳳山分所的番石榴試驗田進行田間試驗。設計採逢機完全區集設計 (RCBD)，共 2 處理，每處理 3 重複，試驗組別包括水對照組 (CK_water) 與夏秋季番石榴病害整合管理策略 (IDM)，IDM 為混合 25% 亞托敏水懸劑 (SC) 稀釋 2,000 倍與液化澱粉芽孢桿菌水懸劑 (SC) (*B. amyloliquifaciens* CL3) 稀釋 400 倍，自番石榴花謝後 (果徑約 0.6−0.7cm) 開始施用，於 2023 年 6−7 月份施用，7−10 d 施藥 1 次，連續施用 3 次，配合石灰硫礦稀釋 800 倍噴灑地面，藥劑施用後 1 wk 人工接種分離自試驗田之黑星病菌 (GPFS3R)，將 10 盤於 25℃ (12 h 光照/12 h 黑暗) 培養在 PDA 10 d 已產孢之黑星病菌製作孢子懸浮液，以水稀釋至 10 L (最終濃度 1.16×10^4 孢子/mL)，噴灑試驗植株，待果表乾燥後套袋。而為降低蟲害干擾病害試驗，在 3 次施藥期間使用防檢署核准之藥劑防治蟲害，如使用 20% 亞滅培水溶性粉劑 (water soluble powder; SP) (acetamiprid，億豐農化廠股份有限公司，臺灣臺中市) 與 10% 克凡派水懸劑 (SC) (chlorfenapyr，臺灣巴斯夫股份有限公司，臺灣臺北市) 防治薊馬，另以 11% 百利普芬乳劑 (emulsifiable concentrate; EC) (pyriproxyfen，臺灣庵原農藥股份有限公

司，臺灣臺北市) 防治粉介殼蟲，殺蟲劑於套袋完成後即不再使用。藥劑處理完約 53−60 d，果實成熟後採收調查，每處理調查 25 粒果實 (3 重複共 75 粒果實)，記錄果實上罹病級數，依照前述公式計算果實罹病率 (%) 與黑星病平均罹病度。另於果實採收當天每處理組額外取樣本 (每處理組 1 kg 果實) 送至屏東科技大學水產檢驗中心進行農藥殘留檢測，以瞭解實際農藥殘留狀況，俾利作為符合外銷果實規範之參考。

統計分析

防治試驗處理之罹病率 (%)，使用 R 統計 (v4.3.3)，以 Shapiro-Wilk test 檢定常態性，再以變方分析 (analysis of variance; ANOVA) 檢驗組間是否顯著差異 ($\alpha = 0.05$)，結果為顯著時 ($P < 0.05$)，對於果實病害藥劑與市售微生物資材田間篩選試驗，以最小顯著性差異 (least significant difference; LSD) 測驗，在 5% 顯著水準下比較處理間罹病率之差異；夏秋季番石榴果實病害整合管理試驗之罹病率，則以 *t* 檢定 (Student's *t*-test) 比較。

防治試驗處理之黑星病平均罹病度，以無母數統計 (Kruskal-Wallis test) 分析，具顯著差異 ($P < 0.05$) 後進行多重比較 (Dunn's test)，在 5% 顯著水準下比較處理間平均罹病度之差異。

結果

夏秋季番石榴果實主要病害與葉片、枝條菌相調查

夏秋季果實病害在採後第 0 天以黑星病 (*Phyllosticta* spp.) 罹病率最高，2022 年 7−10 月平均罹病率約 17.0%，其次是炭疽病 (*Colletotrichum* spp.) 與瘡痂病 (*Neopestalotiopsis* spp.) 約 1.25% (圖 1A)；後續在室溫觀察同一批果實，採後第 7 天黑星病罹病率在 2022 年 9 月最高達 78.0%，炭疽病及瘡痂病平均約占 2.41% (圖 1B)；採後第 14 天黑星病罹病率在 2022 年 8 月最高達 89.0%，炭疽病及瘡痂病則上升至平均約 8.58% (圖 1C)。其餘病害尚包括疫病 (學名前為 *Phytophthora parasitica* 現修正為 *Phytophthora nicotianae*)、*Phomopsis* spp.、*Lasiodiplodia* spp.、*Neofusicoccum* spp. 及 *Cylindrocladium* spp. 引起的果實腐敗，但這些病害僅零星發生，因此黑星病仍是夏秋季造成番石榴果實腐爛的主要病害，炭疽病、瘡痂病、疫病及其他果腐病則較為次要。

無病徵葉片的真菌菌相，以 *Phomopsis* 屬的分離率最高，2022 年 8 月最高達 92.0%，其次是 *Phyllosticta* 屬，7 月達 60.0%，其餘 *Colletotrichum* 屬、*Neopestalotiopsis* 屬及 *Lasiodiplodia* 屬 2022 年 5−10 月平均約 7.5% (圖 1D)；田間落葉的真菌菌相以 *Phomopsis* 屬分離率最高，2022 年 9 月最高達 96.0%，其次是 *Neopestalotiopsis* 屬，8 月達 48.0%，其餘 *Colletotrichum* 屬、*Lasiodiplodia* 屬及 *Phyllosticta* 屬 2022 年 5−10 月平均約 9.1% (圖 1E)；新鮮枝條的真菌菌相仍以 *Phomopsis* 屬分離率最高，2022 年 8−9 月最高達 100.0%，其次是 *Lasiodiplodia* 屬，6 月達 40.0%，其餘 *Colletotrichum* 屬、*Neopestalotiopsis* 屬及 *Phyllosticta* 屬 2022 年 5−10 月平均約 15.7% (圖 1F)。

果實病害藥劑防治效果評估試驗

本研究評估賽普護汰寧、克熱淨、鋅錳乃浦、扶吉胺、得克利、亞托敏及腐絕快得寧等 7 種藥劑實際於田間之防治效果，結果如圖 2 所示。採收後第 0 天 25% 亞托敏水懸劑對於病害罹病率 (僅 20 ± 8.16%) (圖 2A) 或是黑星病平均罹病度 (僅 0.05 ± 0.05) (圖 2B) 均有甚佳防治效果；於採收後第 9 天，亞托敏無論對於病害罹病率 (80.0 ± 0.0%) (圖 2A) 或是黑星病平均罹病度 (1.15 ± 0.19) (圖 2B) 相較水處理對照組或其他測試殺菌劑均有較佳之病害延緩效果，具顯著差異。因此後續選取此藥劑作為生產夏秋季果實主要化學殺菌劑，並於生產冬春季果實適當輪用其他效果較佳之殺菌劑、微生物製劑或有機資材，降低抗藥性產生之風險。

市售微生物資材田間防治試驗評估

本研究評估液化澱粉芽孢桿菌 (*B. amyloliquifaciens* CL3)、液化澱粉芽孢桿菌 (*B. amyloliquifaciens* YCMA1)、蕈狀芽孢桿菌

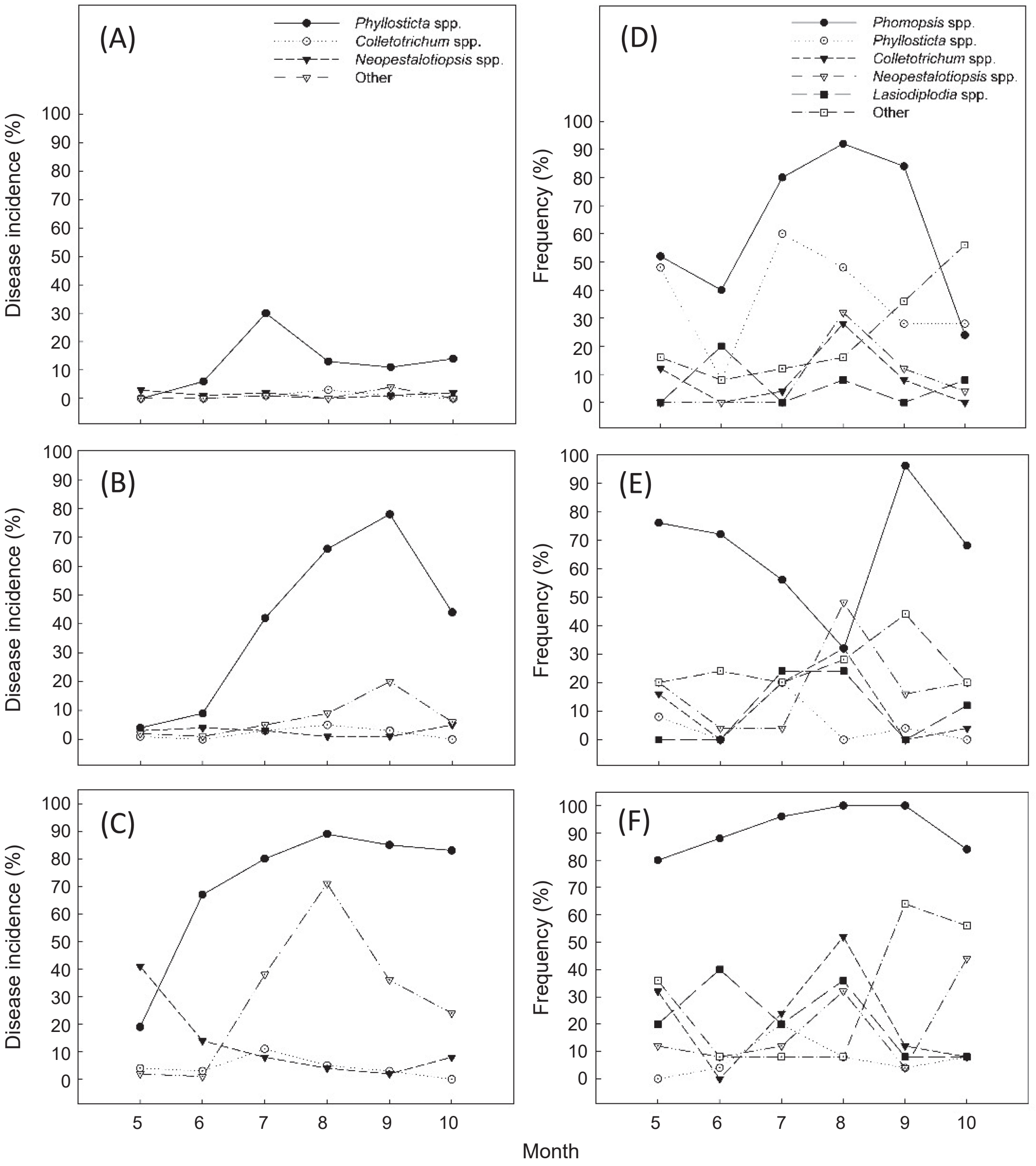

圖 1. 2022 年 5–10 月阿蓮區輸美供果園果實採後第 (A) 0、(B) 7 及 (C) 14 天之病害罹病率與 (D) 健康葉片、(E) 落葉及 (F) 新鮮枝條上之真菌相與分離率。

Fig. 1. The disease incidence of guava fruits detected at (A) 0, (B) 7, and (C) 14 d post-harvesting and the fungal isolation rates isolated from (D) symptomless leaves, (E) leaf litter, and (F) fresh branches from an orchard in Alian District between May and October, 2022.

(*B. mycoides* AGB01)、枯草桿菌 (*B. subtilis* KHY8)、枯草桿菌 (*B. subtilis* Y1336) 及貝萊斯芽孢桿菌 (*B. velezensis* BF) 等 6 種微生物製劑對果實病害及黑星病的防治效果，結果如圖 3 所示。液化澱粉芽孢桿菌 (CL3) 與貝萊斯芽孢桿菌 (BF) 對番石榴果實病害或黑星病的防治效果相較對照組為佳，具顯著差異，採後第 0 天的果實病害罹病率 (%) 分別為 40.0

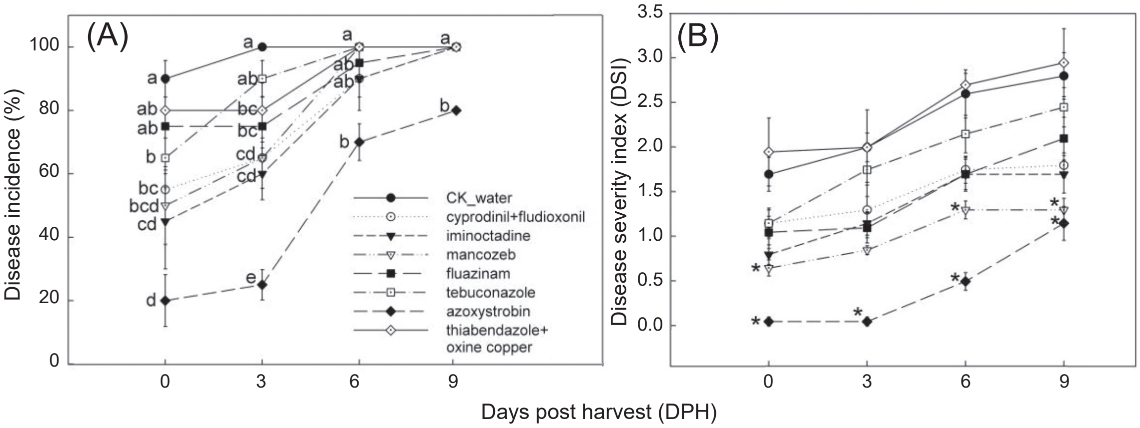

圖 2. 評估賽普護汰寧、克熱淨、鋅錳乃浦、扶吉胺、得克利、亞托敏及腐絕快得寧處理幼果對採收後第 0、3、6、9 天夏秋季番石榴果實病害及黑星病的防治效果，並以水處理作為對照組。(A) 折線圖為病害平均罹病率 (%)，誤差線代表標準誤差，以最小顯著差異法 (least significant difference; LSD) 進行統計檢定，在同一觀察時間點內，各處理之間若英文符號不同者表示具有顯著差異 ($P < 0.05$)；(B) 折線圖為黑星病之平均罹病度，誤差線代表標準誤差，以無母數統計 (Kruskal-Wallis test) 分析後進行多重比較 (Dunn's test)，星號 (*) 代表在 5% 顯著水準下具顯著差異。

Fig. 2. Evaluating the control efficacy of tested fungicides including cyprodinil + fludioxonil, imonoctadine tris, mancozeb, fluazinam, tebuconazole, azoxystrobin, and thiabendazole + oxine copper on the disease incidence of guava fruits and black spot severity in guava fruits detected at 0, 3, 6, and 9 DPH during the summer and autumn seasons, with water treatment (CK) serving as the control. (A) Line graphs represent mean disease incidence within each treatment, and error bars indicate standard error. Means within each observation day followed by different letters indicate significant differences according to the least significant difference (LSD) test ($P < 0.05$); (B) Line graphs represent the mean severity of black spot disease for each treatment, with error bars indicating the standard error. Data were analyzed using the non-parametric Kruskal-Wallis test; multiple comparisons were conducted using Dunn's test, with asterisks (*) indicating significant differences at the 5% significance level.

± 0.0% 與 45.0 ± 4.3% (圖 3A)，黑星病平均罹病度分別為 0.35 ± 0.09 與 0.7 ± 0.06 (圖 3B)；另可觀察到液化澱粉芽孢桿菌 (CL3) 與貝萊斯芽孢桿菌 (BF) 僅延緩儲藏期黑星病發展，對照組採後第 9 天的果實黑星病平均罹病度為 2.7 ± 0.26 (圖 3B)，而液化澱粉芽孢桿菌 (CL3) 與貝萊斯芽孢桿菌 (BF) 採後第 9 天的果實黑星病平均罹病度分別為 1.75 ± 0.1 與 1.8 ± 0.14 (圖 3B)，但兩者對儲藏期病害罹病率的降低無顯著差異 (圖 3A)。根據此結果，後續選取液化澱粉芽孢桿菌 (CL3) 作為病害整合管理策略防治藥劑，貝萊斯芽孢桿菌 (BF) 則可候選作為輪用之微生物製劑。

夏秋季番石榴果實病害整合管理策略

據交通部中央氣象局鳳山分所的氣象監測站累積雨量與平均溫度資料顯示，2023 年 6–9 月累積雨量達 1,641.5 mm，平均溫度 28.5℃ (圖 4)，為適合黑星病發病的環境。根據果實病害藥劑與市售微生物資材田間篩選試驗結果，本研究擬定夏秋季番石榴果實病害整合管理策略 (IDM)，即混合亞托敏與液化澱粉芽孢桿菌 (CL3)，依照核准稀釋倍數連續施用3次，配合石灰硫磺稀釋 800 倍噴灑地面。結果如圖 5 所示。IDM 處理之果實採後 0 d 的罹病率與黑星病平均罹病度分別為 35.0 ± 7.6% 與 0.6 ± 0.03，對照組罹病率與黑星病平均罹病度分別為 63.3 ± 3.3% 與 1.37 ± 0.06，在 95% 信賴區間下達顯著，顯示該策略可以有效降低夏秋季番石榴果實病害罹病率與黑星病平均罹病度；IDM 處理之果實採後 9 d 的罹病率與黑星病平均罹病度分別為 78.3 ± 1.67% 與 1.52 ± 0.16，對照組罹病率與黑星病平均罹病度分別為 95.0 ± 2.89% 與 2.58 ± 0.14，在 95% 信賴區間下達顯著，顯示該策略可以有效延緩夏秋季番石榴果實儲藏期病害的罹病率與黑星病平均罹病

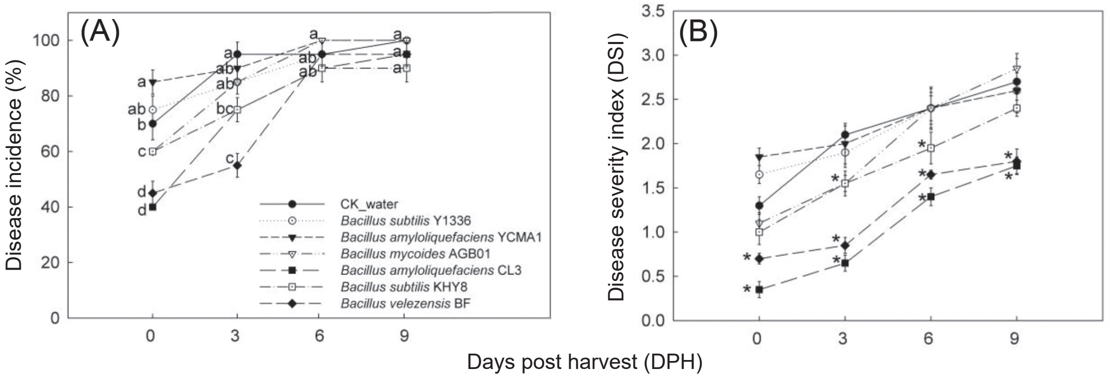

圖 3. 評估枯草桿菌 Y1336、液化澱粉芽孢桿菌 YCMA1、蕈狀芽孢桿菌 AGB01、液化澱粉芽孢桿菌 CL3、枯草桿菌 KHY8 及貝萊斯芽孢桿菌 BF 對採收後第 0、3、6、9 天夏秋季番石榴果實病害及黑星病的防治效果，並以水處理作為對照組。圖中評估方法與圖 2 相同。(A) 為病害平均罹病率 (%)；(B) 為黑星病平均罹病度，誤差線表示標準誤差，統計分析分別採用最小顯著差異法 (least significant difference; LSD) 與 Kruskal-Wallis + Dunn's test，顯著性標示方式同圖 2。

Fig. 3. Evaluating the control efficacy of tested microbial fungicides including *Bacillus subtilis* Y1336, *B. amyloliquefaciens* YCMA1, *B. mycoides* AGB01, *B. amyloliquefaciens* CL3, *B. subtilis* KHY8, and *B. velezensis* BF on the disease incidence of guava fruits and black spot severity in guava fruits detected at 0, 3, 6, and 9 DPH during the summer and autumn seasons, with water treatment (CK) as the control. The methods of evaluation and statistical analyses are the same as described in Fig. 2. (A) Mean disease incidence; (B) Mean severity of black spot disease. Error bars indicate standard error; significance testing and annotations follow the same criteria as in Fig. 2.

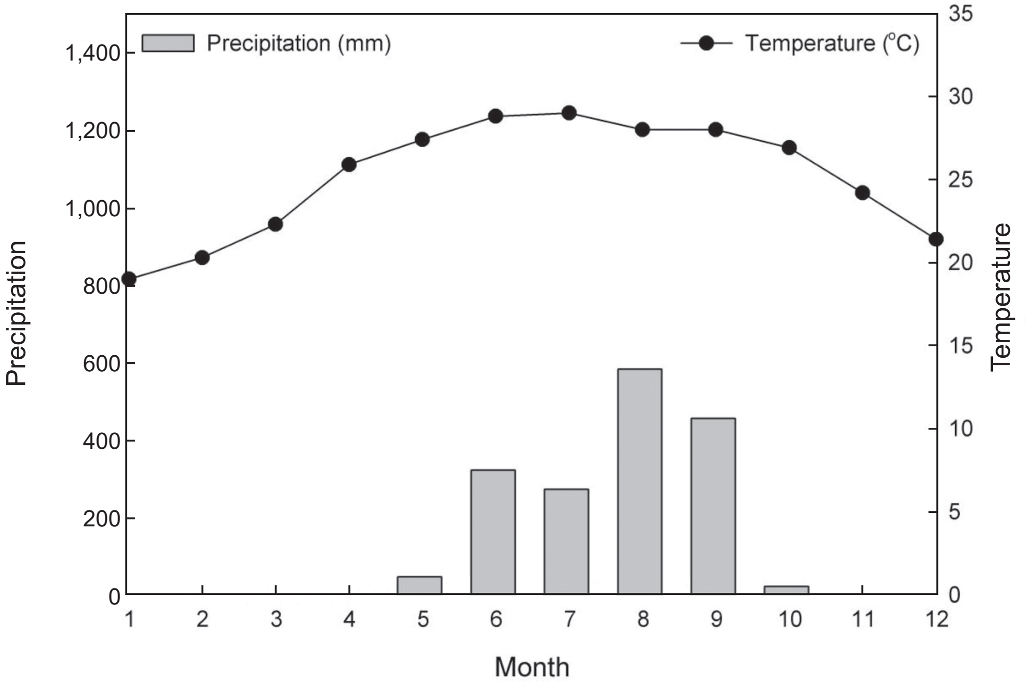

圖 4. 2023 年 1–12 月鳳山熱帶園藝試驗分所氣象監測站平均溫度與累積雨量分布。

Fig. 4. Monthly average temperature and cumulative precipitation measured at the Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch in 2023.

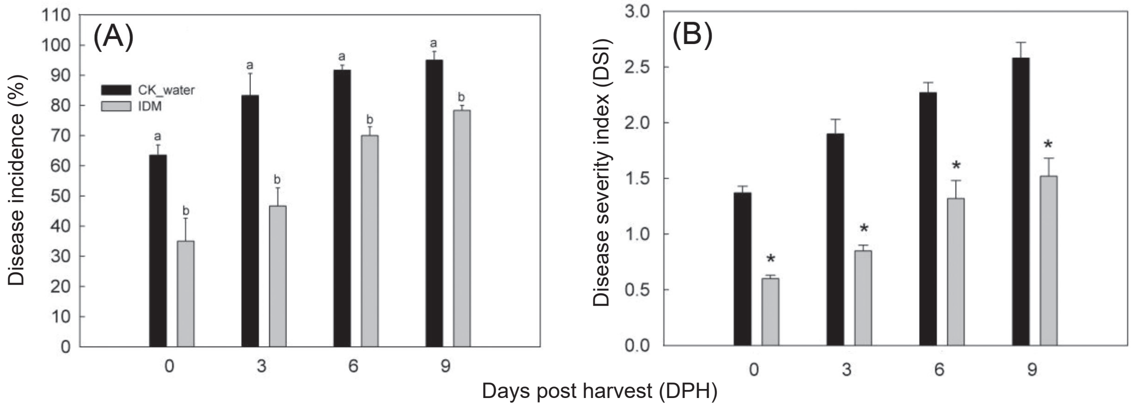

圖 5. 測試病害整合管理策略 (IDM) 對採收後第 0、3、6、9 天夏秋季果實病害及黑星病的防治效果，並以水處理作為對照組。(A) 長條圖為病害平均罹病率 (%)，誤差線代表標準誤差，以 *t* 檢定 (Student's *t*-test) 進行統計檢定，在同一觀察時間點內，各處理之間若英文符號不同者表示具有顯著差異 ($P < 0.05$)；(B) 長條圖為黑星病之平均罹病度，誤差線代表標準誤差，以無母數統計 (Kruskal-Wallis test) 分析後進行多重比較 (Dunn's test)，星號 (*) 代表在 5% 顯著水準下具顯著差異。

Fig. 5. Evaluating the control efficacy of integrated disease management (IDM) on the disease incidence of guava fruits and black spot severity in guava fruits detected at 0, 3, 6, and 9 DPH during the summer and autumn seasons, with water treatment (CK) serving as the control. (A) Bars represent mean disease incidence within each treatment, and error bars indicate standard error. Means within each observation day followed by different letters indicate significant differences according to the Student's *t*-test ($P < 0.05$); (B) Bars represent the mean severity of black spot disease for each treatment, with error bars indicating the standard error. Data were analyzed using the non-parametric Kruskal-Wallis test; multiple comparisons were conducted using Dunn's test, with an asterisk (*) indicating significant differences at the 5% significance level.

度。並且農藥殘留檢測報告結果顯示使用之藥劑皆未檢出，符合外銷之需求。

討論

根據《臺灣植物病害名彙》(第五版) 有紀錄的番石榴病害 39 種，真菌與類真菌病害 15 種，線蟲 24 種 (Tzean *et al*. 2019)。Lin *et al*. (2005) 撰寫之臺灣中南部田間番石榴病害，果實的主要病害有黑星病 (*Phyllosticta psidiicola*)、瘡痂病 (*Pestalotiopsis psidii*)、炭疽病 (*Colletotrichum gloeosporioides*)、疫病 (*Phytophthora parasitica*) 及果腐病 (包括：*Phomopsis* spp., *Botryodiplodia* spp., *Rhizoctonia* sp. 及 *Botrytis cinerea*) 等真菌與類真菌性病害，由於資料已近 20 年未更新，有必要重啟田間調查，以確認主要病害種類或是否有新病害發生。故本研究於夏秋季多雨季節調查「珍珠拔」主要果實病害，少數果腐病種類與 Lin *et al*. (2005) 調查報告略有不同，如未採集到少數之果腐病菌如 *Rhizoctonia* sp. 與 *Botrytis cinerea*，但觀察到 *Cylindrocladium* 屬引起的果實腐敗，至於主要病害種類仍相同，故後續田間的防治重點仍在黑星病。

本研究另以較嚴苛消毒方式分離培養無病徵葉片、田間落葉及新鮮枝條內部的真菌，目的是欲瞭解除果實以外，其他組織內部的菌相是否與果實病害相關。結果顯示無病徵葉片病原真菌之分離率，依高低順序為 *Phomopsis* 屬、*Phyllosticta* 屬、*Colletotrichum* 屬、*Neopestalotiopsis* 屬及 *Lasiodiplodia* 屬，這些真菌種類為重要之植物病原真菌，皆會感染果實。國外文獻亦顯示番石榴無病徵葉片內可分離到多達 28 個屬之真菌，其中包括 *Xylaria* 屬、*Phomopsis* 屬、*Aspergillus* 屬及 *Phyllosticta* 屬等 (Tchamgoue *et al*. 2020)；此外，草莓番石榴 (*Psidium cattleianum*) 葉片內亦分離培養出多達 25 個屬之真菌，包括 *Alternaria* 屬、*Aspergillus* 屬、*Cladosporium* 屬及 *Colletotrichum* 屬等 (André *et al*. 2024)，顯示葉

片內真菌族群的生物多樣性，雖然這些真菌種類與本研究分離種類有些不同，但部分為常見之植物病原真菌。本研究亦嘗試分離田間落葉與新鮮枝條內部的真菌，值得留意的是，皆以 *Phomopsis* 屬分離率 (%) 最高，*Phomopsis* 屬歸類在真菌界子囊菌門 (Ascomycota) 腔孢菌綱 (Coelomycetes)，其有性世代為間座殼屬 (*Diaporthe*)，根據 Mycobank (http://www.mycobank.org/)，目前 *Phomopsis* 屬有 1,057 個種，*Diaporthe* 屬則有 1,372 種 (上網日期 2025/3/18)，該屬為腐生菌 (saprobes)、內生真菌 (endophytes) 或重要植物病原真菌 (Webber & Gibbs 1984; Udayanga *et al*. 2011)，可造成多種果樹之果實病害，例如藍莓與蔓越莓之枝枯病 (*Phomopsis vaccinii* 與其他 *Phomopsis* sp.) (Farr *et al*. 2002)、葡萄枝枯病 (*Phomopsis viticola*) (Merrin *et al*. 1995)、芒果蒂腐病 (*Phomopsis mangiferae*) (Ko *et al*. 2009)、酪梨蒂腐病 (*Phomopsis* sp.) (Twizeyimana *et al*. 2013) 及番石榴臍腐病 (*Phomopsis* sp.) (Rai 1956) 等。本研究有分離到零星的 *Phomopsis* 病害在儲藏期間 (果實採後 7 d 與 14 d) 逐漸出現在觀察的果實上，特別是在果頂的位置，推測該菌在田間以落葉及枝條作為初始與二次感染源，在雨季時藉著風雨傳播孢子，潛伏感染尚未套袋小果，於採收後櫥架期間才出現病徵。另外無病徵葉片、田間落葉及新鮮枝條皆有分離到果實上常見之病原真菌，例如 *Phyllosticta* 屬、*Neopestalotiopsis* 屬、*Colletotrichum* 屬及 *Lasiodiplodia* 屬，筆者實際接種從無病徵葉片分離的真菌，以黑星病菌 (*Phyllosticta* spp.) 為例，84.6% 黑星病菌分離株具有病原性，顯示這些潛伏在無病徵葉片的黑星病菌是重要的感染源 (Tsai & Hsieh 2024)，本研究雖未證實田間之黑星病分生孢子作為感染源，但依據 Spósito *et al*. (2007) 研究結果推論，柑橘之黑星病菌 (*Phyllosticta citricarpa*) 可從落葉中主動釋放子囊孢子，藉由風做短與長距離傳播，故田區裡面或周圍的果樹以及其他寄主皆可提供黑星病菌存活。因此，若要提高整體防治效率，降低果實病害的發生，落實田間衛生管理是重要的前提。清園並配合綠色資材，例如石灰硫磺合劑或波爾多液噴灑地面，並清除殘枝落葉，本操作可顯著降低田間病原菌整體密度，降低因病害引起的損失 (Fischer *et al*. 2017)。

因應番石榴外銷，其用藥管理方式須以不同目標市場為依歸，以輸美番石榴為例，針對黑星病，臺灣與美國皆核准之藥劑僅有賽普護汰寧；針對炭疽病，雙方皆核准之藥劑則有亞托敏與賽普護汰寧，其餘病害卻無相對應之防治藥劑，顯示番石榴若要輸美，可用之化學殺菌藥劑種類不多，在此情形下，就必須要針對主要病害選出數種國外准許使用且抑菌力強的藥劑供輪替使用。根據前期實驗室平板藥劑篩選結果，賽普護汰寧、扶吉胺、得克利、克熱淨及鋅錳乃浦等藥劑濃度在 100 ppm 時，對黑星病、瘡痂病及炭疽病菌絲生長抑制率皆達 85% 以上 (Tsai & Hsieh 2024)。除了上述藥劑，本研究另外測試亞托敏與腐絕快得寧實際於田間之防治效果，值得留意的是，前期試驗在生體外測試亞托敏對於番石榴黑星病菌 (GPYC11)、瘡痂病菌 (PPYC3) 及炭疽病菌 (SYCo3) 菌絲生長抑制效果皆不佳 (Tsai & Hsieh 2024)，然而本研究實際將亞托敏施用於田間時，卻可有效降低果實病害或黑星病之罹病率，Everett *et al*. (2005) 對於酪梨果腐病之研究也呼應此結果；相反地，扶吉胺在生體外 (*in vitro*) 測試對於菌絲生長抑制效果十分優異，但在田間試驗表現不佳 (Everett *et al*. 2005)。本研究也觀察到此現象，推測可能原因是由於殺菌劑在田間測試的效果會受到藥劑在葉片與果實表面的滯留時間 (Gent *et al*. 2003) 以及藥劑對 UV 穩定性 (Boudina *et al*. 2003) 的影響，另外 Everett & Neilson (1996) 的研究證實生體外測試的結果可能會排除那些不值得進一步試驗的殺菌劑，因此影響殺菌劑藥效的關鍵不是單純只考量實驗室內篩選而已，還必須考慮殺菌劑實際施用時環境因子之交互作用。

本研究田間果實病害藥劑試驗所評估較佳防治效果的亞托敏為史托比類 (strobilurins) 藥劑，最先發現之主成分為嗜毬果傘素 A (strobilurin A)，分離自蕈菇嗜毬果傘菌 (*Strobilurus tenacellus* 21602) (Anke *et al*. 1977)，後續發現類似抗生物質如奧德蘑素 A (oudemansin A)，因為這些抗生物質容易因光

不穩定導致在溫室試驗效果不佳，經過驗證後發現帶有 stilbene 官能基之 β-methoxyacrylate 為真正發揮毒性作用的結構，後續便以人工合成改進該化學結構，最後篩選出亞托敏成為第一個商品，其殺菌作用機制為抑制粒線體內膜上複合體 III (Complex III) cyt b 與 cyt c_1 間泛醇 (ubiquinol) 氧化位點之電子傳遞，導致呼吸作用中斷無法產生腺苷三磷酸 (adenosine triphosphate; ATP) 而達到殺菌效果 (Becker *et al*. 1981; Von Jagow *et al*. 1986; Brandt *et al*. 1988)，故亞托敏為單點作用機制藥劑，抗藥性屬於高度風險，需進行抗藥性管理。本研究篩選市面上常見之商品化有益微生物，結果顯示液化澱粉芽孢桿菌 (CL3) 與貝萊斯芽孢桿菌 (BF) 對果實病害與黑星病有較佳的防治效果。芽孢桿菌的作用機制多樣，包括促進植物生長、產生具有抗生活性之二次代謝物以及誘導抗病 (Fira *et al*. 2018; Kiesewalter *et al*. 2021)，這些優勢讓芽孢桿菌類製劑可以同時防治多種真菌或細菌病原，類似多位點作用機制的化學殺菌劑，很適合作為殺菌劑抗藥性管理的工具 (Stein 2005)。近期國外許多研究顯示，芽孢桿菌 (*Bacillus* spp.) 可以搭配單點作用機制之系統性殺菌劑共同施用，例如枯草桿菌 (*B. subtilis* BIOUFLA2) 搭配環克座 (cyproconazole) 與亞托敏 (azoxystrobin)，相較單獨施用化學殺菌劑可兼具產量與防治玉米穗腐病 (*Fusarium verticillioides*) (Guimarães *et al*. 2021)；利用枯草桿菌 (*B. subtilis* BV02) 搭配系統性殺菌劑可顯著降低大豆亞洲銹病 (*Phakopsora pachyrhizi*) 的罹病度 (Santos *et al*. 2022)，故微生物資材搭配系統性殺菌劑共同施用，可兼顧作物品質、提高收成良率、降低殺菌劑單劑使用之抗藥性風險以及過度依賴治療性用藥。

目前臺灣番石榴外銷的國家用藥規範較國內相對嚴格，防治策略必須嚴格遵循目標市場共同認可的農藥使用規範，因此在選擇防治藥劑時，需同時考量合法性與有效性，故本研究特別針對外銷番石榴提出夏秋季果實病害整合管理策略。由於臺灣中南部夏秋季多雨，調查結果顯示該季節黑星病是造成番石榴果實腐爛的主要病原，若要進行用藥管理，本研究的防治策略建議使用目標市場 (例如加拿大與美國) 皆核准的藥劑，如亞托敏，並與微生物資材如液化澱粉芽孢桿菌 (CL3) 或貝萊斯芽孢桿菌 (BF) 共同混合施用，每次施用期間間隔 7−10 d，至少要連續使用 3 次，後續透過適當的藥劑輪用，例如賽普護汰寧等殺菌劑與微生物資材共同使用，可減少病原抗藥性的發生並且降低被檢出違規用藥或藥劑殘留超標風險。有一點須注意的是，鋅錳乃浦在本研究對於田間果實黑星病防治效果僅次於亞托敏，但過去研究指出芽孢桿菌類製劑與鋅錳乃浦不相容，故不建議鋅錳乃浦與芽孢桿菌製劑共同混合施用 (Santos *et al*. 2022)。此外，田間管理中的清園措施也不可忽視，配合綠色資材例如石灰硫磺合劑或波爾多液噴灑地面，有助於減少病原菌在田間的密度，從而提高防治效果，並且果農的栽培管理也最重要，有助於樹體維持強健，降低病害發生機會。

總體而言，本研究提供了一套綜合防治方案，將有助於提高夏秋季番石榴果實的病害防治效率，降低病害的罹病率與黑星病平均罹病度，並且確保符合國際市場的出口標準。因此，整合化學與生物防治手段，遵循農藥使用規範，以及配合適當的田間管理措施是有效管理番石榴病害的關鍵。

引用文獻

André, B. L. O., Q. V. Montoya, M. J. S. Martiarena, and A. Rodrigues. 2024. Culture-dependent methods reveal the diversity of endophytic fungi of *Psidium cattleianum* leaves (Myrtales: Myrtaceae). Braz. J. Microbiol. 55:3425−3436. doi:10.1007/s42770-024-01481-0

Anke, T., F. Oberwinkler, W. Steglich, and G. Schramm. 1977. The strobilurins-new antifungal antibiotics from the basidiomycete *Strobilurus tenacellus*. J. Antibiot. 30:806−810. doi:10.7164/antibiotics.30.806

Becker, W. F., G. Von Jagow, T. Anke, and W. Steglich. 1981. Oudemansin, strobilurin A, strobilurin B and myxothiazol: New inhibitors of the bc_1 segment of the respiratory chain with an E-β-methoxyacrylate system as common structural element. FEBS Lett. 132:329−333. doi:10.1016/0014-5793(81)81190-8

Boudina, A., C. Emmelin, A. Baaliouamer, M. F. Grenier-Loustalot, and J. M. Chovelon. 2003. Photochemical behaviour of carbendazim in aqueous solution. Chemosphere 50:649−655. doi:10.1016/S0045-6535(02)00620-3

Brandt, U., H. Schägger, and G. von Jagow. 1988. Characterisation of binding of the methoxyacrylate inhibitors to mitochondrial cytochrome *c* reductase. Eur. J. Biochem. 173:499−506. doi:10.1111/j.1432-1033.1988.tb14026.x

Dawabah, A. A. M., F. A. Al-Yahya, and H. A. Lafi. 2019. Integrated management of plant-parasitic nematodes on guava and fig trees under tropical field conditions. Egypt. J. Biol. Pest Control. 29:29. doi:10.1186/s41938-019-0133-9

Douanla-Meli, C., E. Langer, and F. T. Mouafo. 2013. Fungal endophyte diversity and community patterns in healthy and yellowing leaves of *Citrus limon*. Fungal Ecol. 6:212−222. doi:10.1016/j.funeco.2013.01.004

El Khoury, W. and K. Makkouk. 2010. Integrated plant disease management in developing countries. J. Plant Pathol. 92:S4.35–S4.42.

Everett, K. R. and H. F. Neilson. 1996. Evaluation of fungicides for control of *Alternaria* leaf spot of *Pseudopanax*. N. Z. J. Crop Hortic. Sci. 24:267−272. doi:10.1080/01140671.1996.9513961

Everett, K. R., S. G. Owen, and J. G. M. Cutting. 2005. Testing efficacy of fungicides against postharvest pathogens of avocado (*Persea americana* cv Hass). N. Z. Plant Prot. 58:89−95. doi:10.30843/nzpp.2005.58.4260

Farr, D. F., L. A. Castlebury, and A. Y. Rossman. 2002. Morphological and molecular characterization of *Phomopsis vaccinii* and additional isolates of *Phomopsis* from blueberry and cranberry in the eastern United States. Mycologia 94:494−504. doi:10.2307/3761783

Fira, D., I. Dimkić, T. Berić, J. Lozo, and S. Stanković. 2018. Biological control of plant pathogens by *Bacillus* species. J. Biotechnol. 285:44−55. doi:10.1016/j.jbiotec.2018.07.044

Fischer, I. H., A. R. Soares-Colletti, M. C. de Arruda Palharini, M. C. M. Parisi, and L. Amorim. 2017. Temporal progress and spatial patterns of quiescent diseases in guava influenced by sanitation practices. Sci. Agric. 74:68−76. doi:10.1590/1678-992x-2015-0425

Gent, D. H., H. F. Schwartz, and S. J. Nissen. 2003. Effect of commercial adjuvants on vegetable crop fungicide coverage, absorption, and efficacy. Plant Dis. 87:591−597. doi:10.1094/PDIS.2003.87.5.591

Gondo, I. R. G., M. R. da Rocha, C. Y. Gondo, K. dos Santos Alves, B. B. dos Anjos, S. de Paiva Caetano Bucker Moraes, ... W. B. Moraes. 2025. Temporal dynamics of guava root-knot nematode under the effect of different management methods. Crop Prot. 188:107012. doi:10.1016/j.cropro.2024.107012

Guédez, C. and D. Rodríguez. 2021. Quiescent infections by *Colletotrichum gloeosporioides* in the different development stages of the guava fruit (*Psidium guajava* L.) in two production seasons. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 38:751−770. doi:10.47280/RevFacAgron(LUZ).v38.n4.01

Guimarães, R. A., E. Zanotto, P. E. P. Perrony, L. A. S. Zanotto, L. J. da Silva, J. da Cruz Machado, ... F. H. V. de Medeiros. 2021. Integrating a chemical fungicide and *Bacillus subtilis* BIOUFLA2 ensures leaf protection and reduces ear rot (*Fusarium verticillioides*) and fumonisin content in maize. J. Phytopathol. 169:139−148. doi:10.1111/jph.12968

Imran-ul-Haq, M. Sajjad, S. A. Khan, M. J. Jaskani, and Z. Ullah. 2013. Occurrence of guava anthracnose in Punjab (Pakistan) and its integrated management. Pak. J Agri. Sci. 50:707–710.

Kiesewalter, H. T., C. N. Lozano-Andrade, M. Wibowo, M. L. Strube, G. Maróti, D. Snyder, ... Á. T. Kovács. 2021. Genomic and chemical diversity of *Bacillus subtilis* secondary metabolites against plant pathogenic fungi. mSystems 6:e00770-20. doi:10.1128/mSystems.00770-20

Ko, Y., C. W. Liu, C. Y. Chen, S. Maruthasalam, and C. H. Lin. 2009. First report of stem-end rot of mango caused by *Phomopsis mangiferae* in Taiwan. Plant Dis. 93:764. doi:10.1094/PDIS-93-7-0764A

Lin, C. C., C. S. Lai, and S. F. Tsai. 2005. Guava black spot disease. p.75−78. *in*: Illustrated Series of Plant Protection 15- Guava Protection. (Lin, C. C., C. I. Yuan, S. P. Chen, J. S. Hwang, H. C. Wen, W. S. Cai, eds.) Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine, Council of Agriculture, Executive Yuan. Taipei, Taiwan. 205 pp. (in Chinese)

Merrin, S. J., N. G. Nair, and J. Tarran. 1995. Variation in *Phomopsis* recorded on grapevine in Australia and its taxonomic and biological implications. Australas. Plant Pathol. 24:44−56. doi:10.1071/app9950044

Rai, J. N. 1956. Stylar end rot of the guava fruit (*Psidium guajava* linn). Proc. Indian Acad. Sci. 43:55−61. doi:10.1007/BF03050219

Santos, F. M., L. S. Viera, D. P. Camargo, M. F. Muniz, I. F. Costa, J. V. Guedes, ... J. C. Silva. 2022. Integrating a *Bacillus*-based product with fungicides by foliar application to protect soybean: A sustainable

approach to avoid exclusive use of chemicals. Pest Manag. Sci. 78:4832−4840. doi:10.1002/ps.7104

Sikandar, A., L. Jia, H. Wu, and S. Yang. 2023. *Meloidogyne enterolobii* risk to agriculture, its present status and future prospective for management. Front. Plant Sci. 13:1093657. doi:10.3389/fpls.2022.1093657

Spósito, M. B., L. Amorim, P. J. Ribeiro Jr., R. B. Bassanezi, and E. T. Krainski. 2007. Spatial pattern of trees affected by black spot in citrus groves in Brazil. Plant Dis. 91:36−40. doi:10.1094/pd-91-0036

Stein, T. 2005. *Bacillus subtilis* antibiotics: Structures, syntheses and specific functions. Mol Microbiol. 56:845−857. doi:10.1111/j.1365-2958.2005.04587.x

Tchamgoue, E. N., S. A. Y. Fanche, B. L. Ndjakou, F. Matei, and M. A. Nyegue. 2020. Diversity of endophytic fungi of *Psidium guajava* (Myrtaceae) and their antagonistic activity against two banana pathogens. J. Adv. Microbiol. 20:86−101. doi:10.9734/jamb/2020/v20i1130304

Tsai, S. H. and H. Y. Hsieh. 2024. Investigation of guava fruit diseases and fungicide sensitivity. p.29−36. *in*: Proceedings of the Symposium on Research Results of FTHES, TARI. January 11, 2024. Kaohsiung, Taiwan. Taiwan Agric. Res. Inst. Pub. No. 241. Taichung, Taiwan. (in Chinese with English abstract)

Twizeyimana, M., H. Förster, V. McDonald, D. H. Wang, J. E. Adaskaveg, and A. Eskalen. 2013. Identification and pathogenicity of fungal pathogens associated with stem-end rot of avocado in California. Plant Dis. 97:1580−1584. doi:10.1094/PDIS-03-13-0230-RE

Tzean, S. S., K. C. Tzeng, C. A. Chang, T. T. Tsay, and H. F. Yen. (eds.) 2019. List of Plant Diseases in Taiwan. 5th ed. Taiwan Phytopathology Society. Taichung, Taiwan. 329 pp. (in Chinese)

Udayanga, D., X. Liu, E. H. C. McKenzie, E. Chukeatirote, A. H. A. Bahkali, and K. D. Hyde. 2011. The genus *Phomopsis*: Biology, applications, species concepts and names of common phytopathogens. Fungal Divers. 50:189−225. doi:10.1007/s13225-011-0126-9

Von Jagow, G., G. W. Gribble, and B. L. Trumpower. 1986. Mucidin and strobilurin A are identical and inhibit electron transfer in the cytochrome bc1 complex of the mitochondrial respiratory chain at the same site as myxothiazol. Biochemistry 25:775−780. doi:10.1021/bi00352a006

Webber, J. F. and J. N. Gibbs. 1984. Colonization of elm bark by *Phomopsis oblonga*. Trans. Br. Mycol. Soc. 82:348−352. doi:10.1016/s0007-1536(84)80083-2

Integrated Disease Management to Reduce Disease Incidence in Exported Guava Fruits during Summer and Autumn

Shuen-Huang Tsai[1,*]

Abstract

Tsai, S. H. 2025. Integrated disease management to reduce disease incidence in exported guava fruits during summer and autumn. J. Taiwan Agric. Res. 74(3):331–343.

To reduce postharvest diseases of guava during storage and transportation, preharvest disease management is crucial for guava fruit exportation. A survey of diseases affecting guava (cv. Pearl) fruits in the field during the summer and autumn seasons revealed that black spot disease (caused by *Phyllosticta* spp.) is the primary cause of fruit rots, followed by anthracnose, scab, *Phytophthora* blight, and other fruit rots. Regarding fungal communities on asymptomatic leaves, fallen leaves, and branches in the field, *Phomopsis* spp. had the highest isolation rate, could be up to 100%. Additionally, common fruit pathogens such as *Phyllosticta* spp. were also isolated. Notably, 84.6% of the *Phyllosticta* isolates were pathogenic, indicating the potential for latent infections. Trials involving guava fungicides approved by the Animal and Plant Health Inspection Agency and commercially available microbial fungicides were evaluated to develop an integrated disease management strategy tailored specifically for summer and autumn fruit diseases in orchards supplying export markets. The strategy begins with orchard sanitation, including removal of fallen leaves and pruned branches, combined with the application of environmentally friendly materials such as lime sulfur or Bordeaux mixture sprayed on the soil surface. For chemical management in the field, it is recommended to use fungicides approved by both Taiwan and Canada or the United States, such as 25% azoxystrobin. This should be mixed with microbial agents like *Bacillus amyloliquefaciens* (CL3) or *B. velezensis* (BF). These treatments should be applied at 7- to 10-day intervals and repeated at least three times. Subsequently, rotation of fungicides with different modes of action combined with microbial products can help reduce the risk of fungicide resistance and minimize the likelihood of exceeding residue limits.

Key words: Exported guava, Guava black spot, Azoxystrobin, *Bacillus* spp., Integrated disease management.

Received: April 24, 2025; Accepted: July 22, 2025.

[*] Corresponding author, e-mail: tsh@tari.gov.tw

[1] Assistant Research Fellow, Department of Plant Protection and Utilization, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Kaohsiung, Taiwan, ROC.